

## 实验十 霍尔效应.

### 一. 实验目的

- ① 用对称测量法测量  $U_H - I_H$  曲线, 计算霍尔元件灵敏度
- ② 用对称测量法测量  $U_H - I_m$  曲线, 计算霍尔元件灵敏度
- ③ 测量电磁铁气隙中磁感应强度  $B$  的大小和分布.

### 二. 实验原理

#### ① 电极不等势误差.

电流  $I_H$  流过霍尔片时, 垂直于  $I_H$  的平面称为等势面. 如果测量  $U_H$  的两个电极不在同一个等势面就会存在一个附加电压. 误差电压  $U_0 = I_H r$ .  $r$  为两电极对应等势面间的电阻.  $U_0$  的方向取决于  $I_H$  与  $B$  无关. 用对称测量法可以消除此误差.

#### ② 爱廷斯豪森效应

载流子的速度具有统计分布. 霍尔电场  $E_H$  的大小取决于载流子的平均速度  $v$ . 如果速度为  $v$  的载流子刚好平衡后, 则速度大于和小于  $v$  的载流子则会各自向对立而偏转. 从而在  $y$  方向产生温差并引起温差电势  $U_E$ . 其方向取决于  $I_H$  和  $B$ . 因此不能用对称测量法消除.

#### ③ 里吉-勒迪克效应

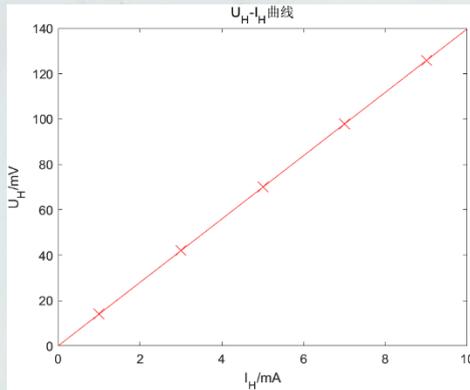
如果在霍尔片  $x$  方向有温度梯度, 则  $x$  方向会有一个扩散流  $I_d$ . 其在  $y$  方向引起类似于爱廷斯豪森效应的温差电势  $U_{RL}$ . 其方向与  $B$  有关, 但与  $I_H$  无关.

#### ④ 能斯特效应

上述扩散流在洛伦兹力作用下将直接产生附加电势  $U_N$ . 其方向与  $B$  有关, 但与  $I_H$  无关.  $U_{RL}$  和  $U_N$  可以通过改变  $I_H$  方向用对称测量法消除. 在特大电流, 强磁场下可忽略  $U_E$ . 通过改变  $I_H$  和  $B$  方向, 可测得 4 个霍尔电压值. 将其绝对值求平均即可消除副效应的误差.

### 三. 数据处理

1.  $U_H - I_H$  曲线如图



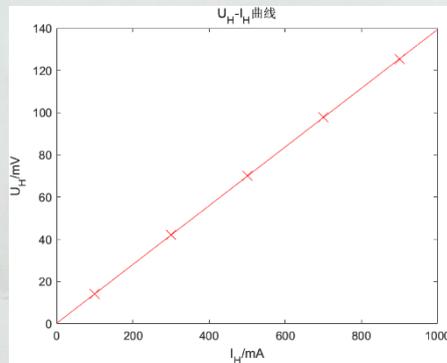
最小二乘法计算  $K_1$

$$K_1 = \frac{\overline{U_H I_H} - \overline{U_H} \cdot \overline{I_H}}{\overline{I_H^2} - (\overline{I_H})^2} = 14.0$$

灵敏度

$$K_{H1} = \frac{U_H}{I_H B} = \frac{K_1}{C I_M} = 1.75 \times 10^2 \text{ V/A.T}$$

2.  $U_H - I_M$  曲线如图



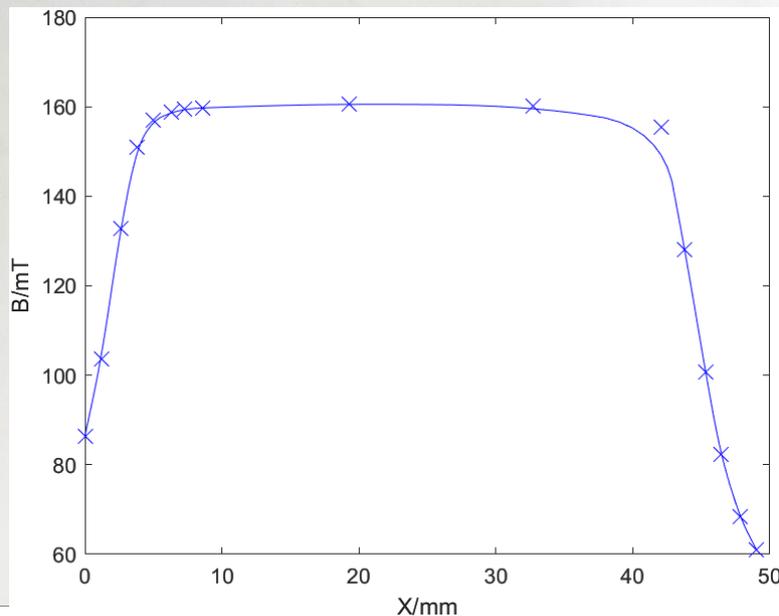
最小二乘法计算  $K_2$

$$K_2 = \frac{\overline{U_H I_M} - \overline{U_H} \cdot \overline{I_M}}{\overline{I_M^2} - (\overline{I_M})^2} = 0.139$$

灵敏度

$$K_{H2} = \frac{U_H}{I_H C I_M} = \frac{K_2}{C I_H} = 1.74 \times 10^2 \text{ V/A.T}$$

3.  $B - X$  图如下.



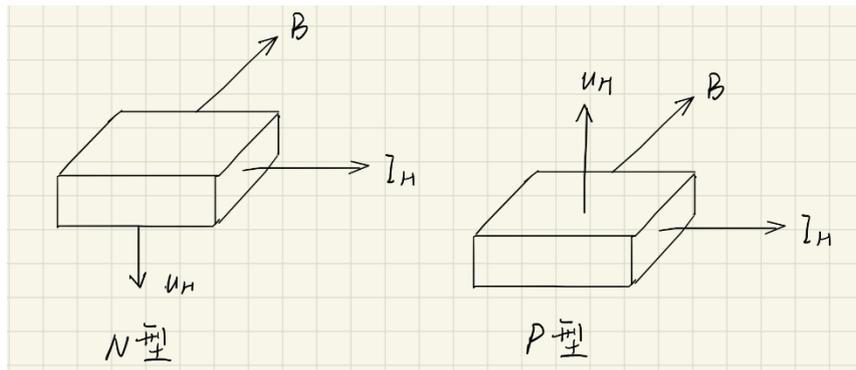
#### 四、实验结论及现象分析

霍尔元件的灵敏度约为  $1.74 \times 10^2 \text{V}/(\text{A} \cdot \text{T})$ 。

电磁铁气隙在 X 方向上磁感应强度的分布为：在中心一段长度内磁感应强度几乎保持不变，在电磁铁气隙两侧时，磁感应强度随着远离气隙中心而减小。

#### 五、问题讨论

1. 如何根据 B、 $I_H$ 、 $U_H$  的方向判断霍尔元件的导电类型（N 型或 P 型）。



在 N 型半导体中，B、 $I_H$  与  $U_H$  成右手螺旋方向

在 P 型半导体中，B、 $I_H$  与  $U_H$  成左手螺旋方向

因此本实验中所用的霍尔元件导电类型为 N 型。

2. 估算本实验所用霍尔元件的载流子密度。

由  $U_H = \frac{I_H B}{ned}$  可得：

$$n = \frac{BI_H}{deU_H} = \frac{1}{deK_H} = 1.38 \times 10^{20} \text{m}^{-3}$$

# 实验原始数据

1.  $I_M = \underline{300} \text{ mA}$      $C = \underline{266.0} \text{ mT/A}$      $d = \underline{0.260} \text{ mm}$      $B = \underline{19.8} \text{ mT}$

$I_H \text{ (mA)}$	$U_1 \text{ (mV)}$ $+I_M + I_H$	$U_2 \text{ (mV)}$ $-I_M + I_H$	$U_3 \text{ (mV)}$ $+I_M - I_H$	$U_4 \text{ (mV)}$ $-I_M - I_H$	$U_H = ( U_1  +  U_2  +  U_3  +  U_4 ) / 4$ (mV)	
1.00	13.9	-14.0	-13.9	14.0	14.0	
3.00	41.9	-42.2	-41.9	42.2	42.0	
5.00	69.8	-70.2	-69.8	70.3	70.0	
7.00	97.6	-98.2	-97.5	98.2	97.9	
9.00	125.5	-126.1	-125.5	126.2	125.8	

2.  $I_H = \underline{300} \text{ mA}$      $C = \underline{266.0} \text{ mT/A}$      $d = \underline{0.260} \text{ mm}$

$I_M \text{ (mA)}$	$U_1 \text{ (mV)}$ $+I_M + I_H$	$U_2 \text{ (mV)}$ $-I_M + I_H$	$U_3 \text{ (mV)}$ $+I_M - I_H$	$U_4 \text{ (mV)}$ $-I_M - I_H$	$U_H = ( U_1  +  U_2  +  U_3  +  U_4 ) / 4$ (mV)	$B \text{ (mT)}$
100	13.8	-14.2	-13.8	14.2	14.0	26.6
300	41.9	-42.2	-41.8	42.2	42.0	79.8
500	69.9	-70.2	-69.8	70.2	70.0	133.0
700	97.7	-98.0	-97.7	98.0	97.8	186.2
900	125.2	-125.4	-125.1	125.5	125.3	239.4

3.  ~~$I_H = 5.00 \text{ mA}$~~      $I_M = \underline{600} \text{ mA}$      $C = \underline{266.0} \text{ mT/A}$

$\bar{x} \text{ (mm)}$	$U_1 \text{ (mV)}$ $+I_M + I_H$	$U_2 \text{ (mV)}$ $-I_M + I_H$	$U_3 \text{ (mV)}$ $+I_M - I_H$	$U_4 \text{ (mV)}$ $-I_M - I_H$	$U_H = ( U_1  +  U_2  +  U_3  +  U_4 ) / 4$ (mV)	$B \text{ (mT)}$
0.0	75.0	-75.5	-74.9	75.5	75.2	86.4
1.2	<del>90.4</del> 89.9	-90.3	-89.8	90.4	90.1	103.6
2.6	115.2	-115.7	-115.2	115.8	115.5	132.8
3.8	131.2	-131.6	-131.1	131.7	131.4	151.0
5.0	136.3	-136.7	-136.2	136.8	136.5	156.9
6.3	137.9	-138.3	-137.9	138.4	138.1	158.7
7.3	138.5	-138.9	-138.5	139.0	138.7	159.4
8.6	138.8	-139.2	-138.8	139.3	139.0	159.8
19.3	139.5	-140.0	-139.5	140.0	139.8	160.7
32.7	139.2	-139.6	-139.1	139.7	139.4	160.2
42.1	135.0	-135.4	-135.0	135.5	135.2	155.4
43.8	111.2	-111.6	-111.1	111.6	111.4	1208.0

结束

45.3	87.4	-87.8	-87.4	87.9	87.6	100.7
46.4	71.4	-71.9	-71.4	71.9	71.6	82.3
47.8	59.1	-59.5	-59.1	59.7	59.4	68.3
49.0	53.0	-53.5	-53.0	53.5	53.2	61.1